

**PENGARUH KONSENTRASI ASAM SULFAT ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) DAN  
WAKTU HIDROLISIS TERHADAP KANDUNGAN GLUKOSA  
DAN KADAR BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT KAKAO  
(*Theobroma cacao L.*)**



**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I  
pada Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik**

**Oleh:**

**VIKY QURRATUL UYUN**

**D 500 150 108**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

**2019**

**HALAMAN PERSETUJUAN**

**PENGARUH KONSENTRASI ASAM SULFAT ( $H_2SO_4$ ) DAN WAKTU  
HIDROLISIS TERHADAP KANDUNGAN GLUKOSA DAN KADAR  
BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT KAKAO (*Theobroma cacao L.*)**

**PUBLIKASI ILMIAH**

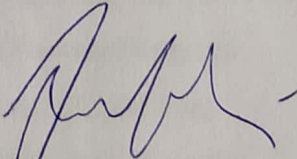
Oleh:

**VIKY QURRATUL UYUN**

**D 500 150 108**

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen pembimbing



**Dr. Ir. Ahmad M. Fuadi, M.T.**

**NIDN. 0619126001**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**PENGARUH KONSENTRASI ASAM SULFAT ( $H_2SO_4$ ) DAN WAKTU  
HIDROLISIS TERHADAP KANDUNGAN GLUKOSA DAN KADAR  
BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT KAKAO (*Theobroma cacao L.*)**

**OLEH**

**VIKY QURRATUL UYUN**

**D500150108**

**Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji**

**Fakultas Teknik**

**Universitas Muhammadiyah Surakarta**

**Pada hari. Rabu, 8 Mei 2019**

**Dan dinyatakan telah memenuhi syarat**

**Dewan Penguji:**

**1. Dr. Ir. Ahmad M. Fuadi, M.T.**

**(Ketua Dewan Penguji)**

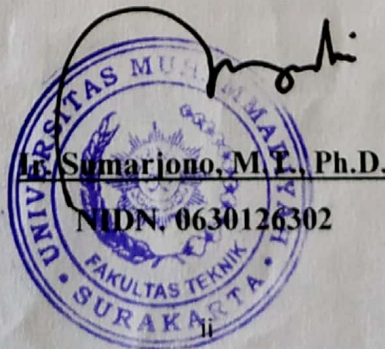
**2. M. Mujiburohman, S.T., M.T., Ph.D. (**

**(Anggota I Dewan Penguji)**

**3. Emi Erawati, S.T., M.Eng.**

**(Anggota II Dewan Penguji)**

**Dekan,**



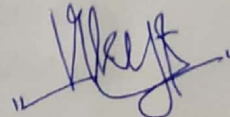
## **PERNYATAAN**

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam publikasi ilmiah ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 16 Juni 2019

Penulis



**VIKY QURRATUL UYUN**

**D500150108**

# **PENGARUH KONSENTRASI ASAM SULFAT (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) DAN WAKTU HIDROLISIS TERHADAP KANDUNGAN GLUKOSA DAN KADAR BIOETANOL DARI LIMBAH KULIT KAKAO (*Theobroma cacao L.*)**

## **Abstrak**

Tingginya konsumsi masyarakat terhadap energi menyebabkan persediaan bahan bakar fosil semakin menipis. Oleh karena itu, energi alternatif perlu dikembangkan sesuai Peraturan Presiden Nomor 5 tahun 2006. Bioetanol merupakan sumber bahan bakar yang dapat menjadi solusi permasalahan krisis energi. Salah satu limbah yang dapat dimanfaatkan untuk diubah menjadi bioetanol adalah kulit buah kakao. Komponen utama yang terdapat pada kulit kakao yakni lignoselulosa yang terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Langkah utama yang paling penting dalam proses teknologi dari bahan lignoselulosa merupakan *pretreatment*. Langkah ini diperlukan untuk mendegradasi lignin dengan menggunakan basa berupa NaOH 1% selama 3 jam. Tahapan selanjutnya yaitu hidrolisis asam. Pada tahap ini terjadi proses pemecahan polisakarida pada lignoselulosa, yaitu selulosa menjadi glukosa. Hidrolisis asam dilakukan menggunakan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> selama 4 jam dengan variasi konsentrasi 0,25%, 0,5%, dan 0,75%. Kandungan glukosa terbaik kemudian divariasikan waktu hidrolisis selama 4 jam, 5 jam, dan 6 jam dengan hasil terbaik pada waktu 4 jam sebesar 0,973 g/10 g sampel. Fermentasi hasil hidrolisis dilakukan dengan menggunakan bakteri *Saccharomyces cerevisiae* yang berasal dari fermipan (ragi roti) untuk mengubah senyawa gula sederhana menjadi etanol. Dari penelitian ini diperoleh hasil kadar etanol sebesar 1,07%.

Kata kunci: Bioetanol, Kulit kakao, *Pretreatment*, Hidrolisis asam

## **Abstract**

High energy consumption decreases the supply of fossil fuels as an energy source. Therefore, alternative energy needs to be developed according to the Presidential Regulation No. 5 of 2006. Bioethanol is a fuel source that can be a solution to the energy crisis problem. One of the wastes that can be used to be converted into bioethanol is cocoa pods. The main component found in cocoa skin is lignocellulose which consists of cellulose, hemicelluloses, and lignin. The most important main step in processing the lignocellulose material is pretreatment. This step is needed to degrade lignin by using a base solution of 1% NaOH for 3 hours. The next step is acid hydrolysis. At this stage the polysaccharide breakdown occurs in lignocellulose, converting the cellulose into glucose. Acid hydrolysis was carried out using H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> for 4 hours with a concentration of 0.25%, 0.5%, and 0.75%. The best glucose content was then varied by hydrolysis time for 4 hours, 5 hours, and 6 hours with the best results at 4 hours at 0.973 g / 10 g sample. The fermentation of hydrolysis product was carried out using the bacterium *Saccharomyces cerevisiae*, derived from fermipan (bread yeast) to convert the sugar compounds into ethanol. This study obtained of the ethanol level of 1.07%.

Keyword: Bioethanol, Pod husk cacao, *Pretreatment*, Acid hydrolysis



## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan energi di dunia, secara garis besar masih bergantung pada bahan bakar fosil, yaitu minyak dan gas bumi serta batubara (Mailool dkk, 2012). Tingginya kebutuhan masyarakat akan bahan bakar menyebabkan kelangkaan pada minyak bumi (Kusmiyati dkk, 2016). Ketergantungan pada bahan bakar fosil dapat mengakibatkan harga minyak bumi tidak stabil karena produksi minyak yang dihasilkan tidak sebanding dengan jumlah permintaan (Service, 2005). Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional telah menargetkan pada tahun 2025 penggunaan bahan bakar alternatif *biofuel* menjadi lebih dari 5%, salah satunya yaitu bioetanol.

Bioetanol sebagai bahan bakar diantaranya mampu menurunkan emisi karbon dioksida, nitrogen dan gas-gas buang lainnya yang menjadi polutan (Hidayati dkk, 2016). Menurut Balai Besar Teknologi Pati (B2TP) ada 3 kelompok tanaman sumber bioetanol, yaitu: tanaman yang mengandung pati, bergula, dan memiliki serat selulosa (Wusnah dkk, 2016). Bahan dasar merupakan faktor penting dalam produksi bioetanol karena mempengaruhi biaya produksinya (Kusmiyati dan Susanto, 2015). Oleh karena itu, produksi bioetanol saat ini diarahkan untuk memanfaatkan limbah lignoselulosa yang berasal dari limbah pertanian, perkebunan dan kehutanan sebagai bahan bakunya (Hidayat, 2013). Bahan yang memiliki potensi untuk dijadikan bioetanol salah satunya adalah limbah kulit kakao.

Kakao berperan cukup penting dalam perekonomian negara. Menurut Suryani dan Zulfebriansyah (2005), komoditas kakao menempati peringkat ketiga ekspor bidang perkebunan dalam menyumbang devisa negara. Pada tahun 2006 ekspor kakao meningkat 24,2% dibandingkan tahun sebelumnya, yaitu mencapai US\$ 975 juta. Meningkatnya produksi kakao akan diiringi dengan meningkatnya jumlah limbah buah kakao (Fauzi dkk, 2012).

Salah satu daerah penghasil kakao di Jawa Tengah yaitu Batang. Menurut berita Antara (2017), Pusat Pengembangan Kompetensi Industri Pengolahan Kakao Terpadu, Kabupaten Batang, membutuhkan sekitar 8.000 ton kakao per tahun sebagai bahan baku pembuatan coklat. Limbah kulit kakao yang diperoleh dari pengambilan biji coklat juga tersedia melimpah. Kulit kakao selama

ini hanya dimanfaatkan sebagai pakan ternak dan menjadi limbah basah yang dibuang begitu saja ke lingkungan sehingga dapat menimbulkan bau tak sedap. Berdasarkan penelitian yang sudah ada, limbah kakao memiliki kandungan senyawa kompleks lignoselulosa yang terdiri dari 43,37% selulosa, 11,71% hemiselulosa dan 36,84% lignin (Taherzadeh dan Karimi, 2007). Kandungan tersebut kemudian diubah menjadi glukosa terfermentasi dan menghasilkan produk berupa bioetanol.

Berdasarkan uraian di atas, muncul sebuah ide untuk melakukan penelitian tentang pemanfaatan limbah kulit kakao sebagai bahan baku bioetanol dengan proses hidrolisis asam dalam upaya menghindari persaingan bahan baku pangan dan memanfaatkan limbah yang tersedia di lingkungan agar lebih bernilai.

## **2. METODE**

### **2.1 Bahan**

Bahan baku yang digunakan yaitu kulit kakao limbah perkebunan di Desa Sidayu, Kecamatan Bandar, Kabupaten Batang. Adapun bahan kimia yang digunakan diantaranya  $\text{Ca(OH)}_2$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , tawas, dan urea.

### **2.2 Alat**

Alat yang digunakan pada pembuatan bioetanol yaitu aerator, botol fermentasi, botol sampel, corong kaca, erlenmeyer, *Gas Chromatography (GC)*, gelas beker, gelas ukur, *grinder*, *hotplate*, kaca arloji, kain penyaring, kondensor, labu leher tiga, labu ukur, *magnetic stirrer*, nampan, neraca digital, oven, penangas air, pengaduk kaca, pH meter, pipet tetes, pipet ukur, *screening 60 mesh*, dan *80 mesh*, serta *spectrofotometer*.

### **2.3 Tahap Penelitian**

Berikut merupakan cara kerja dalam pembuatan bioetanol berbahan dasar limbah kulit kakao:

#### **a. Persiapan bahan baku kulit kakao**

Kulit kakao yang diperoleh dari kulit buah kakao yang sudah tua (berwarna kekuningan). Kulit kakao tersebut dikeringkan menggunakan sinar matahari secara langsung atau menggunakan oven pada suhu  $120^\circ\text{C}$  sampai berwarna

kehitaman. Kulit kakao dikeringkan hingga kandungan air maksimal dalam bahan sebesar 10%. Setelah itu kulit kakao dihaluskan dan diayak pada *screen* 60 mesh. Kemudian disimpan dalam suhu ruang.

b. *Pretreatment*

*Pretreatment* dilakukan menggunakan larutan NaOH dengan konsentrasi 1% (w/v) digunakan untuk *treatment* biomassa serbuk kulit kakao sebanyak 100 g dalam 1500 mL aquades. *Pretreatment* dilakukan pada suhu 80-90°C dengan kecepatan pengadukan 300 rpm selama 3 jam. Biomassa yang telah melalui proses *treatment* dicuci berulang kali hingga netral dan disaring. Kemudian hasil *pretreatment* dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C selama 48 jam. Bahan yang sudah kering diayak pada *screen* lolos 80 mesh.

c. Hidrolisis asam

Hasil *pretreatment* sebelumnya menjadi bahan baku dalam proses hidrolisis asam. Padatan biomassa dimasukkan ke dalam labu leher tiga 500 mL lalu ditambahkan larutan asam sulfat ( $H_2SO_4$ ) sesuai variasi (0,25%, 0,5%, dan 0,75%) dalam 100 mL aquades. Hidrolisis dilakukan dengan kecepatan pengadukan 300 rpm pada suhu 60-70°C selama 4, 5, dan 6 jam. Bubur kulit kakao dibiarkan hingga dingin. Kemudian disaring dan diuji kandungan glukosa yang terdapat pada hidrolisat kulit kakao tersebut.

d. Detoksifikasi

Bubur kulit kakao yang telah dihidrolisis diambil sebanyak 50 mL menggunakan gelas ukur. Kemudian ditambahkan larutan  $Ca(OH)_2$  secukupnya menggunakan pipet tetes agar pH naik menjadi 10. Larutan tersebut selanjutnya dilakukan detoksifikasi menggunakan tawas sebanyak 5,5 g dan didiamkan selama 24 jam. Hal ini dilakukan untuk membuang racun yang dihasilkan pada hidrolisis asam.

e. Fermentasi

Sebelum fermentasi, larutan bubur kulit kakao yang telah didetoksifikasi diatur pH agar menjadi 4,5-5. Kemudian ditambahkan fermipan sebanyak 2 g dan urea sebagai *nutrient* sebanyak 0,067 g. Setelah itu diaerasi selama 3 jam. Setelah aerasi, erlemeyer 500 mL yang berisi bubur kulit kakao tersebut dihubungkan dengan selang karet dan ujung selang dimasukkan kedalam air agar tidak terjadi



kontak langsung dengan udara. Larutan difermentasikan selama 72 jam pada suhu ruang.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1 Pengaruh konsentrasi asam sulfat terhadap kandungan glukosa

Berdasarkan penelitian pembuatan bioetanol dari kulit kakao pada proses hidrolisis menggunakan asam sulfat yang telah dilakukan, diperoleh hasil sebagai berikut:

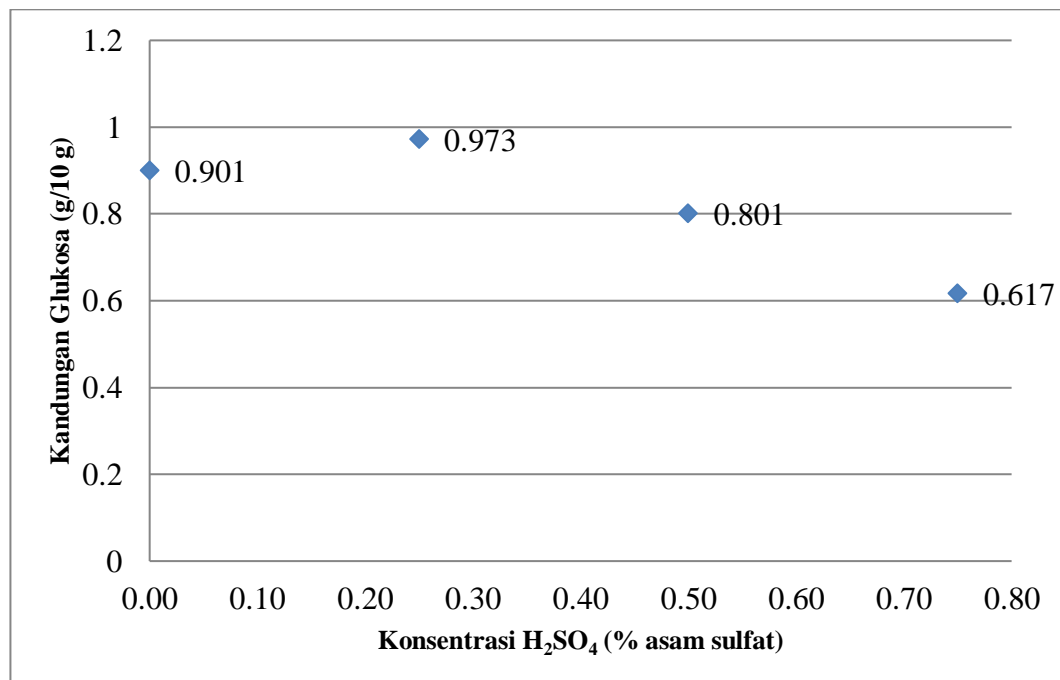
Tabel 1. Pengaruh konsentrasi asam sulfat terhadap kandungan glukosa.

Konsentrasi (%)	Kandungan Glukosa (g/10 g kulit kakao)
0 (tanpa asam)	0,901
0,25	0,973
0,5	0,801
0,75	0,617

Variasi konsentrasi asam sebesar 0,25%, 0,5%, dan 0,75%. Hal ini bertujuan untuk mengetahui hasil maksimal pemecahan selulosa dan hemiselulosa menjadi glukosa yang terbentuk pada proses hidrolisis tersebut. Hidrolisis dilakukan selama 4 jam pada suhu 60-70°C. Kondisi tersebut merupakan kondisi optimum yang ditentukan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Pada kondisi tersebut diperoleh grafik yang ditunjukkan oleh Gambar 1.

Gambar 1 merupakan hasil kandungan glukosa yang terbentuk dari setiap variasi konsentrasi asam sulfat yang mengalami fluktuasi (naik turun). Terlihat pada konsentrasi asam sulfat 0% hingga 0,25% kandungan glukosa pada 10 gram serbuk kulit kakao mengalami kenaikan dari 0,901 gram menjadi 0,973 gram dan mengalami penurunan pada konsentrasi 0,5% dan 0,75%. Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa dengan adanya tambahan asam pada hidrolisis, kandungan glukosa yang terbentuk akan semakin besar hingga mencapai konsentrasi tertentu dan akan menurun jika melebihi konsentrasi optimal. Menurut (Rizal dkk, 2016), semakin tinggi konsentrasi asam yang digunakan pada hidrolisis selulosa dan semakin lama waktu reaksinya maka semakin besar laju kerusakan glukosa sebagai produk hidrolisis. Hal itu menyebabkan semakin

berkurangnya kandungan glukosa yang terbentuk pada konsentrasi yang lebih besar dari titik optimumnya.



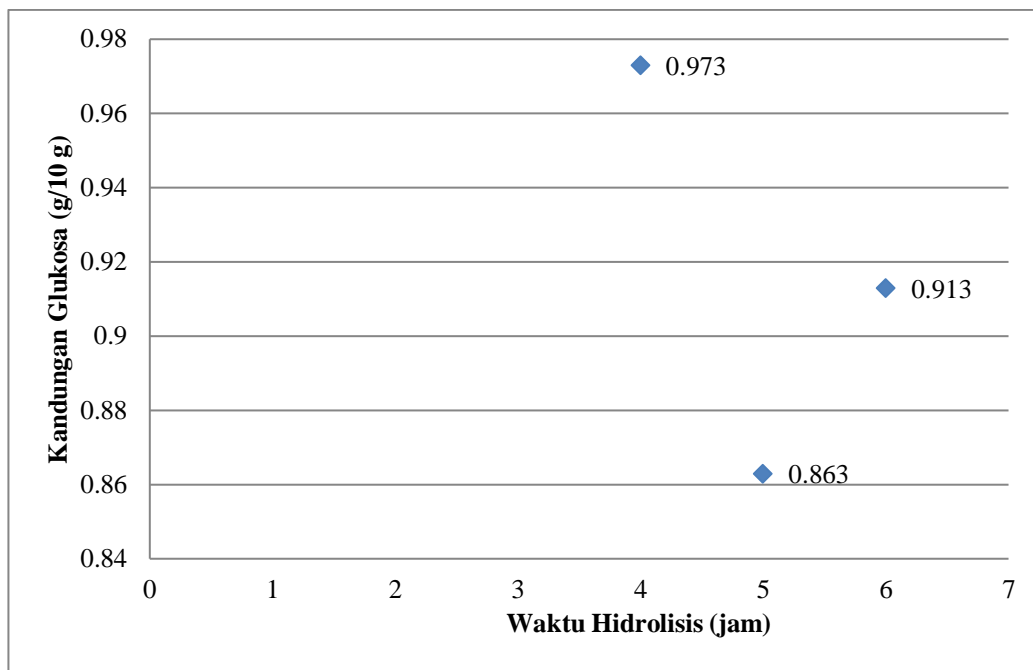
Gambar 1. Grafik pengaruh konsentrasi  $H_2SO_4$  terhadap kandungan glukosa pada limbah kulit kakao.

### **3.2 Pengaruh waktu hidrolisis terhadap kandungan glukosa pada konsentrasi 0,25%**

Tabel 2. Pengaruh waktu hidrolisis terhadap kandungan glukosa pada konsentrasi 0,25%.

Waktu Hidrolisis (jam)	Kandungan Glukosa (g/10 g kulit kakao)
4	0,973
5	0,863
6	0,913

Setelah diperoleh hasil kandungan glukosa maksimal pada variasi konsentrasi asam sulfat yaitu pada konsentrasi 0,25%, dilakukan variasi waktu hidrolisis. Grafik ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Pengaruh waktu hidrolisis terhadap kandungan glukosa pada limbah kulit kakao.

Pada Gambar 2 menunjukkan bahwa pada konsentrasi asam sulfat 0,25% waktu hidrolisis mempengaruhi kandungan glukosa yang dihasilkan akan tetapi mengalami fluktuasi. Dari penelitian yang telah dilakukan, kandungan glukosa tertinggi terjadi pada waktu hidrolisis selama 4 jam dengan nilai 0,973 g/10 g serbuk kulit kakao. Sedangkan pada waktu 5 jam mengalami penurunan menjadi 0,863 g/10 g serbuk kulit kakao dan pada waktu 6 jam sebesar 0,913 g/10 g serbuk kulit kakao. Sama dengan pengaruh konsentrasi, pengaruh lama hidrolisis terhadap glukosa yang dihasilkan memiliki titik optimalnya. Jika lama hidrolisis sudah melebihi titik optimalnya maka kandungan glukosa yang dihasilkan akan cenderung menurun. Hal ini selaras dengan penelitian sebelumnya yang menjelaskan bahwa terlalu lama waktu hidrolisis akan mengakibatkan glukosa terdegradasi dan bereaksi lebih lanjut membentuk asam formiat, sehingga kadar glukosa menurun (Idral dkk, 2012).

Hasil terbaik pada proses hidrolisis diperoleh pada konsentrasi 0,25% asam sulfat pada waktu hidrolisis 4 jam. Hasil tersebut kemudian didetoksifikasi menggunakan tawas yang bertujuan untuk menghilangkan senyawa-senyawa racun yang terbentuk pada proses hidrolisis. Senyawa-senyawa kimia yang bersifat racun diantaranya furfural, fenol dan asam karboksilat (Gusmarwani,

2014). Hal ini dapat mengganggu mikroba dalam proses fermentasi yaitu pembentukan etanol. Setelah dilakukan detoksifikasi maka bahan tersebut diatur pHnya agar mencapai pH yang disukai oleh mikroba fermentasi yaitu pH 4-5.

Fermentasi dilakukan secara anaerob menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* dari ragi roti. Dalam fermentasi terjadi reaksi pembentukan etanol sebagai berikut:



Fermentasi dilakukan dengan penambahan *nutrient* agar ragi menerima makanan dan bekerja maksimal. Fermentasi berlangsung selama 72 jam yang menghasilkan CO<sub>2</sub> sebanyak 22 mL. Selanjutnya didistilasi selama 6 jam untuk memisahkan etanol hasil fermentasi agar lebih murni yang kemudian diuji kadar etanolnya menggunakan *Gas Chromatography* (GC) dan diperoleh hasil sebesar 1,07 % etanol. Menurut Keputusan Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi No. 23204.K/10/DJM.S/2008, standar dan mutu bahan bakar nabati jenis bioetanol sebagai bahan bakar harus memiliki kadar etanol sebesar 99,5% dan kandungan air sebesar 1%. Sehingga kadar etanol yang diperoleh dari penelitian ini belum layak digunakan sebagai bahan bakar karena masih jauh dibawah standar yang ditetapkan.

## 4. PENUTUP

### 4.1 Kesimpulan

Pada penelitian ini disimpulkan bahwa hidrolisis menggunakan asam sulfat dapat meningkatkan kandungan glukosa yang terbentuk hingga mencapai titik optimum dan menurun jika sudah melampaui titik tersebut. Adapun semakin lama waktu hidrolisis dapat meningkatkan laju kerusakan glukosa yang mengakibatkan semakin berkurangnya kandungan glukosa.

Kandungan glukosa tertinggi variasi konsentrasi asam diperoleh pada konsentrasi 0,25% dan variasi waktu yaitu selama 4 jam hidrolisis dengan besar glukosa 0,973 g/10 g serbuk kulit kakao. Kondisi tersebut merupakan kondisi optimal yang diperoleh pada penelitian ini. Hasil hidrolisis kemudian dilakukan

uji kadar etanol yang dihasilkan memiliki kemurnian sebesar 1,07%. Dengan besar kadar tersebut belum dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif.

#### **4.2 Saran**

Dari penelitian yang telah dilakukan, diharapkan peneliti selanjutnya dapat melakukan *pretreatment* dengan suhu lebih dari 100°C agar lignin yang terdegradasi lebih maksimal atau menggunakan metode *pretreatment* yang berbeda. Penggunaan jenis asam dapat divariasikan dalam proses hidrolisis agar mendapatkan kandungan glukosa yang lebih tinggi. Selain itu perlu dilakukan penelitian menggunakan hidrolisis enzimatis agar dapat diketahui hasil etanol yang optimal.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Fauzi, A. R., Haryadi, D. dan Priyanto, S. (2012) “Pengaruh Waktu Fermentasi dan Efektivitas Adsorben dalam Pembuatan Bioetanol Fuel Grade dari Limbah Pod Kakao (*Teobroma cacao*),” *Jurnal Teknologi Kimia dan Industri*, 1(1), hal. 179–185.
- Gusmarwani, S. R. (2014) “Pengaruh Tawas dan Arang Aktif dalam Proses Detoksifikasi- Fermentasi untuk Meningkatkan Kadar Etanol,” *Jurnal Teknologi*, 7(2), hal. 154–160.
- Hidayat, M. R. (2013) “Teknologi Pretreatment Bahan Lignoselulosa dalam Proses Produksi Bioetanol,” *Biopropal Industri*, 4(1), hal. 33–48.
- Hidayati, R. N., Qudsi, P. dan Wicakso, D. R. (2016) “Hidrolisis Enzimatis Sampah Buah-buahan menjadi Glukosa sebagai Bahan Baku Bioetanol,” *Jurnal Konversi*, 5(1), hal. 18–21.
- Idral, D. D., Salim, M., dan Mardiah. (2012). “Pembuatan Bioetanol dari Ampas Sagu dengan Proses Hidrolisis Asam dan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae*, ” *Jurnal Kimia Unand*, 1(1), hal. 34–39.
- Kusmiyati, Retno Pratiwi, T. dan Wulandari, T. (2016) “*Waste Fish Oil Biodiesel Production and Its Performace in Diesel Engine*,” 11(2), hal. 1040–1044.

- Kusmiyati dan Susanto, H. (2015) “*Fuel Grade Bioethanol Production from Iles-iles (Amorphophaluscampanulatus) Tuber,*” *Procedia Environmental Sciences*. Elsevier B.V., 23 (Ictcred 2014), hal. 199–206.
- Mailool, J. C. dkk. (2012) “Produksi Bioetanol dari Singkong (*Manihot utilissima*) dengan Skala Laboratorium,” hal. 1–11.
- Rizal, Hutomo, G. S. dan Rahim, A. (2016) “Hidrolisis Selulosa dari Bahan Pod Husk Kakao menggunakan Asam Klorida,” *Agrotekbis*, 4(6), hal. 702–711.
- Service, R. F. (2005) “*Is it time to shoot for the sun?*,” *Science*, 309(5734), hal. 548–551.
- Suryani dan Zulfebriansyah. (2005) “Komoditas Kakao: Potret dan Peluang Pembiayaan” *Economic Review*, 210.
- Taherzadeh, M. J. dan Karimi, K. (2007) *Enzyme-Based Hydrolysis Processes for Ethanol from Lignocellulosic Materials: A Review, Bioresources*.
- Wusnah, Bahri, S. dan Hartono, D. (2016) “Proses Pembuatan Bioetanol dari Kulit Pisang Kepok (*Musa acuminata B.C*) secara Fermentasi,” 5(1), hal. 57–65.